

Title	強震動予測の高精度化に資する振幅・位相特性を考慮した地盤増幅特性評価手法の開発( Abstract_要旨 )
Author(s)	赤澤, 隆士
Citation	Kyoto University (京都大学)
Issue Date	2015-09-24
URL	<a href="http://dx.doi.org/10.14989/doctor.k19301">http://dx.doi.org/10.14989/doctor.k19301</a>
Right	
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	ETD

京都大学	博士（工学）	氏名	赤澤 隆士
論文題目	強震動予測の高精度化に資する振幅・位相特性を考慮した地盤増幅特性評価手法の開発		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>地盤増幅特性の抽出手法はこれまでに数多く提案されているが、そのほとんどが対象地点における地震動の振幅スペクトルに基づくものであり、地震動の継続時間（非定常性）と密接に関係する位相情報は反映されていない。精度の高い強震動予測を行うためには、位相特性も含めて地盤増幅特性を定量的に評価・抽出することが望まれている。本論文では、地盤増幅特性の時刻歴波形（非定常地盤増幅特性）を精度良く抽出することができる経験的手法を新たに提案したもので、全 6 章から構成されている。</p> <p>第 1 章は序論であり、本研究の背景と関連する既往の研究と現状の問題点、論文全体の構成を記述している。</p> <p>第 2 章では、国立研究開発法人防災科学技術研究所(防災科技研)が管理する KiK-net の地中記録を利用して、非定常地盤増幅特性の抽出精度に関わる基盤スペクトル（地震基盤でのスペクトル特性）を合理的に評価し、震源特性と伝播経路特性を特徴付けるパラメータであるコーナー周波数と <math>Q</math> 値を適切に抽出する方法を提案している。提案手法では、複数の地震・複数の観測点の地中記録を利用して推定された基盤スペクトルに、各記録に対応する理論基盤スペクトルをそれぞれフィッティングさせることで、各パラメータ値を導出している。提案手法は、一般に用いられるスペクトルインバージョン手法とは異なり、基準観測点を必要とせず、また、利用する観測点や地震記録数が地震毎に異なった場合でも計算することが可能な点を特徴としている。近畿地方で得られた地震記録を利用して提案手法の適用性を検証した結果、提案手法はとりわけコーナー周波数の抽出において従来の方法に優ることを確認している。</p> <p>第 3 章では、地震記録のウェーブレット係数を基盤スペクトルで除し、それを複数の記録で平均することで非定常地盤増幅特性を抽出するという”Birgören and Irikura の方法”について、その信頼性向上を目的として、利用する各時刻歴波形の極性を適切に揃える方法を提案している。提案手法では、各地震記録から得られる地盤増幅時刻歴波形（地盤増幅特性を示す時刻歴波形）のフーリエスペクトルの平均を真のスペクトルと定義したうえで、このスペクトルと”Birgören and Irikura の方法”により得られる非定常地盤増幅特性のフーリエスペクトルとの誤差を最小にすることで、平均化による振幅の減少を最小限に抑えることに成功している。関西地震観測研究協議会が管理する FKS 観測点で得られている中小地震の地震記録に対して提案手法を適用した結果、同地点における非定常地盤増幅特性が適切に抽出できることを確認している。</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	赤澤 隆士
<p>第 4 章では，“Birgören and Irikura の方法”が持つ「抽出される非定常地盤増幅特性の振幅値が過小評価される」という傾向を克服し、同方法の一層の精度向上をめざして、振幅については周波数に依存した平均的な経時特性包絡形状とし、位相については利用地震記録に共通したコヒーレントな特性とする新たな方法を開発した。提案手法の有効性を、FKS 観測点で得られている中小地震の記録を対象に、同観測点の非定常地盤増幅特性を利用した地震記録の再現によって検証するとともに、提案手法を適用することで、時刻歴波形・フーリエスペクトルいずれにおいても実記録が適切に再現できることを確認している。</p> <p>第 5 章では、統計的グリーン関数法を利用して計算された基盤入射波と非定常地盤増幅特性をコンボリューションすることで、検討対象地点の地震動波形をシミュレーションする方法を示している。福島県南部から茨城県北部までの太平洋側の地域に設置されている防災科技研の K-NET および KiK-net 観測点で得られている地震記録を対象にシミュレーションを実施することで、本検討で示したシミュレーション手法は中小地震だけでなく大地震に対しても有効であることを示している。ただし、震源から離れた観測点では、シミュレーションされた地震動の継続時間が地震記録のそれよりも短い傾向が見られたことから、第 4 章で提案した非定常地盤増幅特性評価手法を拡張し、シミュレーション対象の地震の震源域とその周辺で発生した中小地震の記録を用いて非定常地盤増幅特性を抽出することから、上述した課題の解決を図っている。その結果、抽出された非定常地盤増幅特性は、地盤増幅特性の振幅・位相特性に加えて伝播経路特性の位相特性も併せ持つため、地震記録に見られる地震動の継続時間の伸長も表現できることを確認している。</p> <p>第 6 章は結論であり、本論文で得られた成果を要約している。</p>			

**(論文審査の結果の要旨)**

建築物の耐震設計においては、設計用入力地震動を定めなければならないが、その基盤となる強震動の予測精度は、地盤増幅特性に大いに左右される。地盤増幅特性を評価する方法はこれまで多数提案されまた実用にも供されているが、そのほとんどは振幅の特性だけの評価に止まり、位相の特性に対する評価がないことから、耐震設計時に行う時刻歴応答解析に必要となる地震動波形の生成への適用が限られている。地震基盤へのインパルス波入射に対する応答を地盤増幅特性の振幅特性と位相特性と関連づけるという独自の視点に立ち、強震動評価の高精度化に取り組んだ本研究は、次の点で際立っている。

(1) 地中観測記録を利用して、簡易な方法で基盤スペクトル(地震基盤でのスペクトル特性)を評価する方法を提案したうえで、実記録を利用して提案手法の適用性を検証しその有効性を確認した。

(2) 地震記録のウェーブレット係数を基盤スペクトルで除し、それを複数の記録で平均することで、地盤増幅特性の振幅と位相特性を抽出する方法に対して、その信頼性向上のために、地震観測記録の極性を揃える方法を提案した。提案手法の妥当性を実観測記録に適用することにより検証した。

(3) 従来の方法の延長として、(1)で提案した方法で適切な基盤スペクトルを与え、(2)で提案した方法で地震記録の極性を揃えても、抽出される地盤増幅特性の振幅値はなお過小評価される。本論文では、同方法の基本概念を継承しつつ、振幅値が過小評価されない、地盤増幅特性の振幅と位相特性をより精度良く抽出することができる新たな経験的手法を提案するとともに、実観測記録を利用して提案手法の妥当性を確認した。

(4) (3)で提案した手法により抽出される地盤増幅特性を統計的グリーン関数法に導入し、既存の地震記録をシミュレーションすることで、シミュレーション手法の妥当性と有効性を検証した。その結果、同手法は中小地震だけでなく大地震に対しても有効であることが確認された。また震源から離れた観測点では、シミュレーションの継続時間が実記録よりも短くなる傾向が見られたが、(3)の手法を拡張することにより解決をみた。

以上、振幅のみならず位相特性も同時に精度良く抽出することが可能な地盤増幅特性評価手法を提案し、その妥当性と有効性を示した本論文は、今後の強震動予測手法の発展に大いに寄与する内容である。また、平成 27 年 8 月 21 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。